

홍채의 패턴인식에 의한 개인 확인

전 명 근

충북대학교 전기전자공학부

Personal Identification Algorithm Using Iris Pattern Recognition

Chun Myung Geun

School of Electrical and Electronic Engineering,
Chungbuk National University

Abstract

In this work, we will present an iris pattern recognition method as a biometrically based technology for personal identification. For this, we propose a new algorithm for extracting a unique feature from images of the iris of the human eye and representing this feature using the discrete Walsh-Hadamard transform. From the computational simplicity of the adopted transform, we suggest more fast and efficient results than previous ones.

1. 서론

오늘날 우리는 급속도로 발전하는 정보사회에 살고 있다. 이러한 정보사회는 정보의 생성, 저장, 처리, 운반, 검색 기능이 상호 연결된 통신망 환경하에서 다양한 형태의 정보 서비스가 이루어지는 사회이다. 한편 이러한 정보화 사회가 주는 편리함과 유익성에 비해 매우 위험하고 파괴적인 역기능이 뒤따르고 있다. 특히, 인가 받지 않은 불법 사용자에 의한 정보시스템의 파괴, 개인 신상 비밀의 누설 및 유출, 불건전

정보의 유통 등과 같은 정보화의 역기능으로 인해 고통받고 있다. 자신이 소유하고 있는 정보가 자신도 모르는 사이에 침해받고 있으며, 적절하게 보호되지 못하는 정보들로 인해 막대한 피해를 볼 수도 있는 것이다[1]. 이는 향후에 정보통신 시스템과 네트워크가 더 개방되고, 용량과 성능 그리고 연결성이 강화 되는 추세에 비추어, 그 취약성도 비례하여 증대될 것으로 예견되고 있다[2].

이 논문은 1998년 충북대학교 발전기금재단 연구비에 의해 연구되었음

시스템 보안을 위한 방법 중 패스워드에 의한 개인 확인과 인증은 가장 많은 운영체제에서 지원되고 있는 구현이 용이하고 별도의 특수 장치가 필요없는 시스템 보안을 위한 방법이다. 그러나 개인이 아무리 자신의 패스워드 관리를 잘 한다하여도 그것이 타인에게 누설 될 수 있으므로 이러한 패스워드에 의한 시스템 보안을 대체 할 수 있는 새로운 개인확인 및 인증방법이 시급히 요구되고 있는 상황이다.

이러한 기존의 단순한 형태의 개인확인 및 검증방법의 한계를 극복하여, 절도나 누출에 의하여 도용 될 수 없으며 변경되거나 분실할 위험성도 없는 새로운 형태의 신분검증 방법에 대한 연구 분야가 바로 바이오메트릭스(Biometrics) 분야이다. 생체계측학이라고 번역되는 바이오메트릭스는 "자동화된 방법으로 특정 개인의 특성을 검증하거나 신분을 인식하기 위해, 측정 가능한 물리적 특성 또는 개인의 생물학적 특성을 연구하는 학문"으로 정의될 수 있다. 위와 같은 바이오메트릭스 기술에서 대상으로 하고 있는 인간의 생체학적 특성은 크게 지문이나 얼굴, 음성인식 등이 많이 사용되고 있다.

여기서 바이오메트릭스 기술에서 사용하는 대상들 중 먼저, 지문(Fingerprint)에 대해 살펴보자. 각 개인의 지문은 땀샘이 용기되어 일정한 흐름을 형성한 것으로, 그 모양이 개개인마다 서로 다를 뿐더러 태어날때의 모습 그대로 평생동안 변하지 않음이 일찍이 증명되어 실생활에 사용되어져 왔다. 근대에 들어 관련 기술의 발전으로 시스템 사용이 점차 보편화되고 있으며, 개인 확인의 저렴한 도구로서 매우 광범위하게 사용되고 있는 상황이다. 인식에 필요한 개인별 특징 추출에 사용되는 방법으로는 주파수 공간에서의 Fourier, Wavelet변환, 또는 신경회로망이나 퍼지논리에 의한 것들을 들 수 있다. 그러나, 지문에는 기준 좌표축이 존재하지 않으므로 임의로 회전되어 채취된 지문에 대한 처리가 어려우며, 또한 지문은 신체의 일부로서 유연성을 가지고 있어 채취될 때마다 그 모양이 달라보이며, 지문은 손상될 수 있어 저품질의 지문이 빈번히 발생하고 있다.

한편, 얼굴 인식은 먼저 입력 화상으로부터 주된 처리 대상인 얼굴 영역을 추출하는 것으로 시작된다. 보통 템플레이트를 사용하여 눈과 입을 찾은 다음, 눈썹 및 얼굴 테두리등을 찾는다. 이 외에 모자이크를

사용하여 복잡한 배경에서 조명과 얼굴의 크기 및 얼굴의 수에 제한을 받지 않고 인식하는 방법, 3차원으로 얼굴을 식별하는 방법 등이 제안되었다. 그러나 이러한 얼굴 인식 기법은 사용자의 기분에 따라 표정이 변하게 되는 특성을 고려하여야 하고, 주위 조명에 많은 영향을 받게 되는등 아직까지 개선할 사항이 많은 상황이다.

위와 같은 단점 때문에 최근에 사람의 눈에 있는 홍채(IRIS)에 있는 패턴에 의한 개인 인식 및 개인 인증에 대한 연구가 관심을 끌고 있다[3][4].

2. Discrete Walsh-Hadamard 변환

Walsh 함수를 행렬로 표시하면, Discrete Walsh-Hadamard 변환이 되는데, 이 매트릭스를 Hadamard matrix $H(k)$ 라 하며 다음과 같이 표시된다 [5].

$$H(k) = \begin{bmatrix} H(k-1) & H(k-1) \\ H(k-1) & -H(k-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 $H(0) = 1$, $k = \log_2 n$ 이고 $k = 1, 2, \dots, n$ 이다. 위에서 언급된 $H(k)$ 행렬은 다음과 같은 특징을 갖는다.

i) $H(k)$ 는 대칭행렬이다. 즉, $H(k)^T = H(k)$

ii) $H(k)$ 는 orthogonal하다. 즉,

$$H(k)^T \cdot H(k) = 2^k \cdot I(k)$$

여기서 $I(k)$ 는 $2^k \times 2^k$ identity 행렬이다.

iii) $H(k)$ 의 역행렬은 $H(k)$ 에 비례한다. 즉,

$$H(k)^{-1} = \frac{1}{2^k} H(k)$$

위와 같은 성질을 갖는 Hadamard 행렬을 이용하여 Discrete Walsh-Hadamard transform(DWHT)이 정의된다. DWHT는 행렬 또는 지수함수의 형태로 정의되는데 행렬형태에 대하여 예를 들어 설명을 하고 지수

함수의 형태에 대하여 설명하기로 한다.

N 개의 샘플 데이터를 $X(n)=[x(0), x(1), \dots, x(N-1)]$ 으로 표시할 때 이 샘플 데이터의 DWHT는 다음과 같이 정의된다.

$$W(n) = \frac{1}{N} X(N) \cdot H(n) \quad (2)$$

여기서 $H(n)$ 은 앞에서 정의된 Hadamard matrix이다.

유사하게, WHT의 역변환은 다음과 같이 정의된다.

$$X(n) = W(n) \cdot H(n) \quad (3)$$

예를 들어, $X(n) = [1 \ 2 \ -1 \ 3]$ 이라 하면, $N=4$ 이므로

$$H(2) = \begin{bmatrix} H(1) & H(1) \\ H(1) & -H(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

이에 대한, WHT은

$$W(2) = [w(1) \ w(2) \ w(3) \ w(4)]$$

$$= \frac{1}{4} \cdot [1 \ 2 \ -1 \ 3] \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

따라서

$$W(2) = \left[\frac{5}{4} \quad \frac{-5}{4} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{3}{4} \right] \text{으로 구해진다.}$$

또한 WHT의 역변환에 의해

$$X(2) = [x(1) \ x(2) \ x(3) \ x(4)]$$

$$= [5/4 \ -5/4 \ 1/4 \ 3/4] \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= [1 \ 2 \ -1 \ 3]$$

가 구해진다.

위의 WHT는 좀 더 일반적으로, 지수함수의 형태로 기술될 수 있다. 일반적인 1-차원 함수 $f(x)$ 의 discrete transform은 다음과 같이 정의된다[5].

$$T(u) = \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \cdot g(x \cdot u) \quad (4)$$

위의 식에서 $g(x, u)$, $u=1, 2, \dots, N-1$ 를 순방향 변환커널 (forward transformation kernel)이라 부른다. 한편 역 변환은 다음과 같은 식으로 기술된다.

$$f(u) = \sum_{x=0}^{N-1} T(x) \cdot h(x \cdot u) \quad (5)$$

위의 식에서 $h(x, u)$, $u=1, 2, \dots, N-1$ 를 역변환커널 (inverse transformation kernel)이라 부른다. 따라서 discrete transform의 성질은 $g(x, u)$ 와 $h(x, u)$ 에 의해 결정된다. 본 연구에서 대상으로 하고 있는 DWHT에 있어서 $g(x, u)$ 와 $h(x, u)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$g(x \cdot u) = \frac{1}{N} (-1)^{\sum_0^{b(x) \cdot b(u)}} \quad (6)$$

$$h(x \cdot u) = (-1)^{\sum_0^{b(x) \cdot b(u)}} \quad (7)$$

여기서 $b_k(x)$ 는 2진수 표현의 x 의 k 번째 비트를 의미한다.

한편, DWHT은 sample 개수가 N 인 경우 N^2 번의 더하기, 빼기 연산을 해야 변환 결과를 얻을 수 있으므로 곱하기 연산 보다는 시간이 적게 걸리지만 N 이 커질 경우 계산시간이 길어질 수 있기 때문에, discrete Fourier transform을 빨리 계산하고자 하는 알고리즘이 fast Fourier transform 이듯이, WHT을 빨리 계산하고자 하는 fast DWHT이다[6]. 이방법을 이용하면 N^2 번의 연산을 $M \log_2 N$ 번으로 줄여 들어 계산시간을 크게 줄일 수 있다.

3. DWHT을 이용한 홍채인식

그림 1에 사람의 눈의 구조를 나타내었다[7]. 홍채는 모양체의 전방(anterior)이 신장된 곳으로 포도막(uvea)의 가장 앞쪽에 위치한다. 즉 안구의 전방에 있으며, 각막과 수정체(lens) 사이에 존재하며 이것의 가운데에 있는 등근 구멍이 동공(pupil)이다.

홍채의 앞면은 불규칙한 기복을 가지며, 동공연(pulillary margin)의 가까이에 융기된 원형의 패턴이 존재하는데 이것을 권축륜(collarette)이라 하며, 이것은 지문과 마찬가지로 태어 날 때 한번 정해지면 평생 변화하지 않으며, 개개인별로 모두 모양이 다른 것으로 알려져 있다. 따라서 이를 카메라로 촬영하여 패턴을 인식하여 개인확인 및 인증에 적용하려는 시도가 있었다.

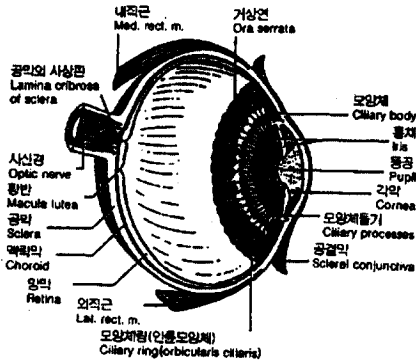


Figure 1. Structure of Human Eye

먼저, Daugman[3]은 2차원 Gabor Filter를 이용하여 256-바이트의 Iris 코드를 만들어 내는 방법을 제안 하였으며, Wides[3]은 가우시안 필터의 라플라시안 대역 통과 필터(Laplacian of Gaussian filter)를 이용하여 홍채인식에 관한 연구를 행하였다. 그러나 위의 방법은 모두 2차원의 데이터를 쓰는 관계로 계산이 복잡할 뿐더러 계산량이 많다는 단점이 지적 되고 있다[4].

한편 이와 다르게, Boles[4] 등은 홍채로부터 얻어진 1차원의 밝기 데이터를 이용하여 이를 웨이브렛(Wavelet) 변환을 이용하여 인식하려는 연구가 있었다. 이 연구에서는 낮은 분해능의 웨이브렛 변환의 데이터로부터 영점교차(zero-crossing)점의 데이터를 이용하여 이 값을 비교하여 인식하고자 하였다. 그러나 이 방법을 적은 양의 데이터베이스에서는 효율적으로 작동 할 지 모르나 대상 데이터베이스의 개수가 커지면 이들을 모두 분리해내기에는 특징점의 개수가 부족한 문제가 발생한다.

따라서, 본 연구에서는 앞서 설명한 DWHT을 이용하여 1차원 데이터만을 이용하여 계산효율이 높고, DWHT의 변환계수를 이용한 521비트의 Iris code를 제안하여 대규모 데이터베이스에 대응할 수 있도록 하고자 한다.

본 연구에서 제안하는 홍채 인식 및 개인확인 알고리즘은 다음과 같다.

3.1. 1차원 데이터 취득 및 DWHT



Figure 2. Acquisition of Iris Pattern Data

그림2와 같이 대상이 되는 눈을 CCD카메라를 이용하여 438×556 의 흑백 영상을 얻는다. 이때, 밝기 정보는 8비트의 256단계로 표현된다. 이런 후에 영상 중에서 동공을 찾아내고 중심을 찾아낸다. 이렇게 영상처리의 중심을 동공 중심에 둬서 영상 취득단계에서의 위치 변환에 무관하게 하였다.

이후에 동공의 반지름을 구하고, 이 반지름 보다 5% 큰 가상의 원(그림 2 참조)을 그려가며 그림 3과 같이 512개의 1차원 밝기 정보를 구한다. 이렇게 취득된 데이터에 대하여 앞의 2장에서 설명된 DWHT을 이용하여 변환하여 얻어진 값이 그림 4와 같다. 그림에서 알 수 있듯이 원래의 밝기 데이터에 비하여 개개의 특징을 잘 나타냄을 알 수 있었다.

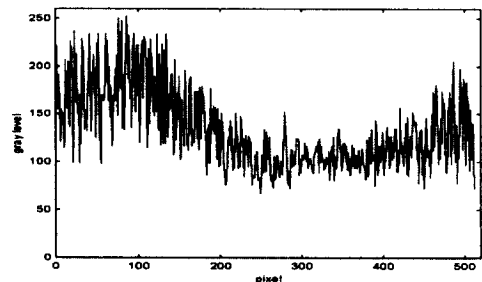


Figure 3. Brightness Data of Iris Pattern

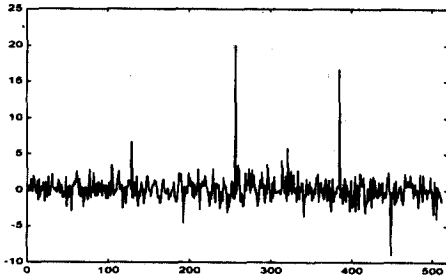


Figure 4. DWHT of Brightness Data

3.2. IRIS Code 계산

위와 같이 DWHT에 의해 구해진 계수들에 대하여 다음과 같은 512bit의 IRIS Code를 제안한다.

$$IC = [ic_0, ic_1, \dots, ic_i, \dots, c_{511}] \quad (8)$$

$$ic_i = \begin{cases} 1 & \text{만약 } w(i) \geq 0 \\ 0 & \text{만약 } w(i) < 0 \end{cases} \quad (9)$$

위식에서 $w(i)$ 는 DWHT의 계수를 나타낸다.

위와 같이 제안된 IRIS code는 모두 512비트의 길이를 가지므로 모두 2^{512} 개의 경우의 가지수가 되어서, 대단위 데이터베이스를 구축하기 위한 각 개인의 code를 부여하는데 효과적으로 사용될 수 있다. 그림 5는 위의 그림3과 같은 홍채 패턴에 대한 IRIS Code를 나타낸다.

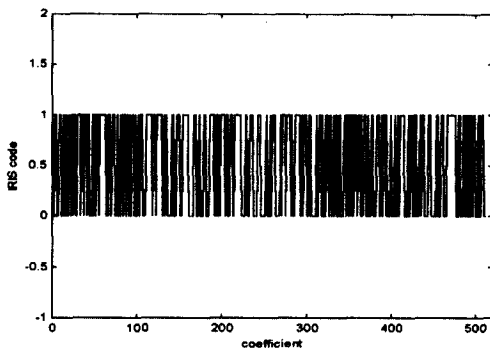


Figure 5. A Proposed IRIS Code

4. 실험 및 결론

위와 같이 정의된 IRIS code에 대하여 저장된 개인 인 별로 매칭하여 하기 위한 매칭함수(matching function)으로는 Hamming distance를 사용하였다. 즉 두 개의 512개의 비트를 조사하여 두 개의 비트값이 같은 개수를 구하는 방식이다. 두 개의 홍채 패턴이 동일할 경우에 최대값 512를 갖는다. 본 연구에서는 다섯사람의 눈에 대한 홍채패턴을 촬영하여 제시된 알고리즘을 MATLAB으로 구현하여 실험하였다.

그 결과를 표1과 표2에 나타내었다. 먼저 표1은 인위적으로 노이즈를 섞지 않은 경우의 인식 결과이다. 주어진 5명에 대하여 100% 개인 확인을 할 수 있었으며, 타인과의 매칭값은 모두 400이하로 본인의 매칭값 512와는 큰값의 차이를 보이고 있으므로 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 제안된 알고리즘의 노이즈 영향을 분석하고자 동일한 영상에 백색잡음을 인위적으로 추가 했을 때의 인식결과를 표 2에 나타내었다. 노이즈가 있음에도 대략 200정도의 차이가 나고 있으므로 각 개인의 확인 및 인증이 성공적으로 행해 짐을 알 수 있다.

본 연구에서 제시된 알고리즘은 DWHT을 이용하여 구현 됨으로서 계산량이 적으며, 이를 하드웨어로 구현 하기도 용이한 구조를 가지고 있다. 따라서 기존의 홍채인식 알고리즘에 비해 효율적으로 이용 될 수 있으리라 기대 된다.

Table1. Experimental Results
without Noise

Model Unknown	P1	P2	P3	P4	P5
P1	512	257	268	360	253
P2	257	512	263	247	248
P3	268	263	512	260	337
P4	360	247	260	512	243
P5	253	248	337	243	512

Table 2. Experimental Results
with Gaussian Noise

Model Unknown	P1	P2	P3	P4	P5
P1	477	254	266	249	249
P2	266	453	261	230	246
P3	264	253	465	260	268
P4	249	240	256	477	247
P5	246	245	271	258	466

참고문헌

- [1] 한국정보보호센터, 정보보호 현황 - 정보보호기반 및 기술을 중심으로 -, 1996.
[2] Gregory B. White and Eric A. Fisch, and Udo

W. Pooch, Computer System and Network Security, CRC Press, 1996.

- [3] Richard P. Wildes, Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology, Proceedings of the IEEE, Vol. 85, No. 9, 1997.
[4] W. W. Boles and B. Boashash, A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform, IEEE Tr. on Signal Processing, Vol. 46, No. 4, 1998.
[5] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley, 1993.
[6] D. Sundararajan and M.O. Ahmad, Fast Computation of the Discrete Walsh and Hadamard Transforms, IEEE Tr. on Image Processing, Vol. 7, No. 6, 1998.
[7] 김덕훈 외 2인, 시기 해부학(Ocular Anatomy), 정문사, 1993.